

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 704 690

(21) N° d'enregistrement national :

93 04962

(51) Int Cl<sup>5</sup> : H 01 L 21/56 , 21/78 , 21/60

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 27.04.93.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 04.11.94 Bulletin 94/44.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule.*

(60) Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

(71) Demandeur(s) : *Société Anonyme dite THOMSON-  
CSF — FR.*

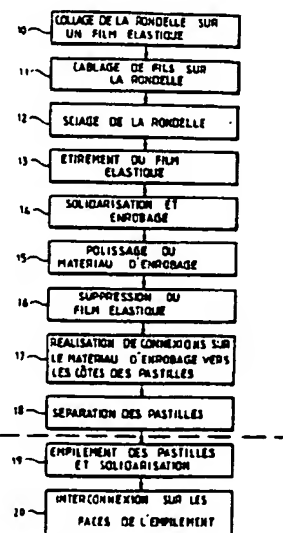
(72) Inventeur(s) : Val Christian.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : Benoit Monique Thomson-CSF S.C.P.I.

(54) Procédé d'encapsulation de pastilles semi-conductrices, dispositif obtenu par ce procédé et application à l'interconnexion de pastilles en trois dimensions.

(57) Selon le procédé de l'invention, on câble des fils conducteurs directement sur une rondelle semi-conductrice portant un grand nombre de pastilles, on colle la rondelle sur un film élastique, on scie la rondelle pour individualiser les pastilles puis on étire le film de sorte à écarter les pastilles; on solidarise ensuite l'ensemble des pastilles et des fils dans un matériau isolant, résine polymérisable par exemple, puis, après polissage, on réalise des dépôts métalliques au-dessus des fils de sorte à relier ceux-ci aux côtés des pastilles; on découpe ensuite l'ensemble de façon à séparer les pastilles.



**PROCEDE D'ENCAPSULATION DE PASTILLES SEMI-CONDUCTRICES,  
DISPOSITIF OBTENU PAR CE PROCEDE ET APPLICATION  
A L'INTERCONNEXION DE PASTILLES EN  
TROIS DIMENSIONS**

5

La présente invention a pour objet un procédé d'encapsulation de  
10 pastilles semi-conductrices ainsi que le dispositif en résultant, chacune des  
pastilles contenant par exemple un composant électronique, un circuit  
intégré ou un capteur. Elle a également pour objet l'application d'une telle  
encapsulation à l'interconnexion en trois dimensions de ces pastilles.

15 La réalisation des systèmes électroniques actuels, tant civils que  
militaires, doit tenir compte d'exigences de plus en plus grandes de  
compacité, du fait du nombre de plus en plus élevé de circuits mis en  
oeuvre.

En ce sens, il a déjà été proposé de réaliser des empilements de  
20 circuits intégrés dits "trois dimensions", comme par exemple décrit dans la  
demande de brevet français n° 2.670.323 au nom de THOMSON-CSF. Selon  
cette réalisation, les pastilles sont empilées après avoir été munies de fils de  
connexion orientés vers les faces latérales de l'empilement, puis elles sont  
rendues solidaires les unes des autres, à l'aide par exemple d'une résine ;  
25 les interconnexions des pastilles sont ensuite réalisées sur les faces de  
l'empilement.

La présente invention a pour but de modifier ce processus  
notamment pour en rendre la réalisation plus facilement intégrable dans une  
30 usine de semi-conducteurs et en diminuer le coût.

Plus précisément, selon le procédé de l'invention, on câble des  
conducteurs, fils par exemple, directement sur une rondelle semi-  
conductrice portant un grand nombre de pastilles ; la rondelle étant collée  
sur un film élastique, on scie la rondelle pour individualiser les pastilles puis  
35 on étire le film de sorte à écarter les pastilles ; on solidarise ensuite

l'ensemble des pastilles et des fils dans un matériau isolant, résine polymérisable par exemple, puis, après polissage, on réalise des dépôts métalliques au-dessus des fils de sorte à relier ceux-ci aux côtés des pastilles ; on découpe ensuite l'ensemble de façon à séparer les pastilles :

5 on obtient alors des pastilles encapsulées dans un enrobage formant boîtier, muni de connexions. Pour une application "trois dimensions", on procède à l'empilement des boîtiers précédents, ceux-ci étant simplement collés entre eux à l'aide d'un intercalaire disposé entre chaque pastille et la suivante, puis les interconnexions sont réalisées sur les faces latérales de

10 l'empilement ainsi obtenu, par exemple comme décrit dans la demande de brevet précitée.

D'autres objets, particularités et résultats de l'invention ressortiront de la description suivante, donnée à titre d'exemple et illustrée par les

15 dessins annexés, qui représentent :

- la figure 1, un mode de réalisation du procédé selon l'invention ;
- les figures 2 à 4a et 5, différents schémas vus en coupe, illustrant différentes étapes du procédé selon l'invention ;
- la figure 4b, une vue de dessus du schéma de la figure 4a ;
- 20 - les figures 6 et 7, des vues en coupe schématiques de variantes de l'invention.

Sur ces différentes figures, les mêmes références se rapportent aux mêmes éléments. D'autre part, pour la clarté des dessins, l'échelle réelle n'a pas été respectée.

25

La figure 1 représente donc un mode de réalisation du procédé selon l'invention.

La première étape, repérée 10, consiste à fixer (par exemple coller), sur un film élastique, une rondelle de matériau semi-conducteur (également connue sous le nom anglais de "wafer"), dans laquelle on a réalisé un grand

30 nombre de pastilles (couramment de l'ordre de plusieurs centaines), contenant chacune un circuit intégré ou composant discret ; le film est par exemple un auto-adhésif de type polymère.

La deuxième étape, repérée 11, consiste à câbler des conducteurs électriques, fils ou rubans, sur chacun des plots de connexion de chacune des pastilles contenues dans la rondelle.

Le résultat de ces opérations est illustré sur la figure 2.

- 5 Sur cette dernière figure, on a représenté une rondelle semi-conductrice 1 dans laquelle on a identifié une pastille 21. La rondelle 1 est montée sur le film élastique, repéré 2. Sur chacun des plots, repérés 22, de la rondelle 1 sont connectés des conducteurs 23, par exemple des fils. Ceux-ci peuvent être connectés verticalement à l'aide de la technique dite
- 10 "ball bonding" et consistant à faire fondre l'extrémité du fil 23 pour obtenir une petite boule 24, facilitant sa connexion sur le plot 22. D'autres techniques peuvent être employées, comme illustré par exemple ci-après figure 7. Après leur fixation, les fils 23 sont coupés chacun à une hauteur prédéterminée, qui peut être par exemple de 150 à 200  $\mu\text{m}$ , pour un
- 15 diamètre de fil d'environ 25 à 30  $\mu\text{m}$ , une épaisseur de rondelle de l'ordre de 500  $\mu\text{m}$  et de film 2 de l'ordre de 200  $\mu\text{m}$ , par exemple.

- L'étape suivante (12, figure 1) consiste à scier la rondelle 2 de préférence sur toute son épaisseur, de sorte à individualiser les pastilles
- 20 telles que 21.

L'étape suivante, repérée 13, consiste à étirer uniformément le film élastique (2); cela a pour effet d'écarter les pastilles (21) les unes des autres et, ce, de façon régulière.

- 25 Il est à noter que l'étape 11 de câblage des fils sur la rondelle (1) peut être, dans une variante de réalisation, effectuée seulement après cette étape 13 d'étirement du film élastique (2).

- L'étape suivante, repérée 14, consiste à solidariser les pastilles et
- 30 leurs fils de connexion et enrober le tout dans un matériau électriquement isolant, par exemple une résine organique, époxy ou polyimide, par une technique de coulage ou de moulage par exemple, le matériau étant ensuite, le cas échéant, polymérisé.

Le résultat de cette étape est illustré sur la figure 3.

Sur cette figure, on retrouve le film 2 portant des pastilles 21, maintenant individualisées et séparées les unes des autres. Les pastilles 21 et leurs conducteurs 23 sont noyés dans un matériau isolant 25, qui pénètre également dans les intervalles 26 entre pastilles.

5

L'étape suivante, repérée 15, consiste à polir la face supérieure (27, figure 3) du matériau d'enrobage 25, de sorte à obtenir une surface plane sur laquelle les sections des fils 23 affleurent.

10 L'épaisseur du matériau d'enrobage 25 dépend de celle de la rondelle 1 et des matériaux concernés, notamment pour des raisons thermo-mécaniques. A titre d'exemple, pour une rondelle de 400 à 500  $\mu\text{m}$  d'épaisseur, le matériau 25 peut faire environ 150  $\mu\text{m}$ .

15 2. L'étape suivante (16, figure 1) consiste à supprimer le film élastique

20 Cette suppression peut être réalisée par exemple par décollage du film. Dans une variante de réalisation, on procède à un polissage de la face arrière de l'ensemble, repéré 28 sur la figure 3, c'est-à-dire la face opposée à la face 27 pour supprimer le film 2 et/ou amincir les pastilles 21 dans le but d'en réduire l'épaisseur et l'encombrement, ce qui peut être particulièrement avantageux dans l'application décrite ci-après d'empilement des pastilles encapsulées en trois dimensions.

25 Dans une variante de réalisation, on ne supprime pas le film élastique 2 qui permet alors d'isoler et/ou de protéger la face arrière 28 de la pastille.

30 L'étape suivante, repérée 17, consiste à réaliser des connexions reliant chacun des conducteurs 23 à ce qui deviendra la face latérale des pastilles après séparation, ces connexions étant réalisées par métallisations sur la face supérieure 27 au dessus de l'intervalle inter-pastilles.

Les figures 4a et 4b illustrent cette étape, vue respectivement en coupe et de dessus.

La figure 4a représente les pastilles 21 avec leurs fils 23 noyés dans le matériau 25. La face supérieure 27 de l'ensemble porte des métallisations

30 au-dessus des fils 23, métallisations qui relient chacun des fils 23 à l'intervalle 26 entre pastilles.

Ces métallisations peuvent affecter différentes formes comme illustré sur la vue de dessus de la figure 4b : elles peuvent relier un fil 23 à la zone inter-pastille 26, relier ensemble deux fils 23 de pastilles différentes ou relier en outre un fil 23 à une zone 31, utilisée ultérieurement pour le test des pastilles par exemple.

La réalisation des connexions 30 peut être faite par tout moyen connu, par exemple dépôt d'une couche métallique et gravure ultérieure de cette couche. Le dépôt peut être un dépôt métallique tel que or, nickel et or, nickel-cuivre et or, cuivre et or, effectué par exemple sous vide par pulvérisation cathodique, éventuellement rechargé par voie électrochimique. La gravure ultérieure peut être par exemple une photogravure. Dans une variante, on peut utiliser une photogravure dite inverse, c'est-à-dire laissant le métal partout sauf autour des conducteurs, celle-ci permettant de réaliser en outre un blindage électromagnétique.

La dernière étape de la réalisation des pastilles encapsulées (étape 18, sur la figure 1) consiste en la séparation des pastilles. Cette séparation est réalisée par découpe du matériau 25 entre les pastilles, par exemple à l'aide d'une scie diamantée. On obtient alors des pastilles semi-conductrices enrobées chacune sur cinq de leurs faces dans un matériau isolant formant boîtier, ce dernier étant muni de connexions (métallisations 30), testable et manipulable.

25

Lorsqu'on veut réaliser avec des pastilles ainsi encapsulées un empilement en trois dimensions (étape 19, figure 1), on dispose les boîtiers dans une glissière permettant d'aligner deux des faces latérales des boîtiers, simplifiant ainsi les problèmes de positionnement relatif des boîtiers. Entre les boîtiers sont disposées des couches de matériau adhésif, tel qu'une résine polymérisable par exemple. On presse ensuite l'ensemble et éventuellement on le polymérise, de sorte à le solidariser.

Ceci est illustré sur la figure 5 où on retrouve les pastilles 21 et leur matériau d'enrobage 25, séparés les uns des autres par une couche adhésive 32. Dans une variante de réalisation, on utilise, pour le film

35

élastique 2, un matériau adhésif -ou rendu adhésif par un traitement approprié- qu'on laisse en place, évitant ainsi l'interposition des couches 32. Sur chacune des faces extrêmes de l'empilement, on dispose en outre une couche de fermeture 42 non adhésive, qui est fixée par l'intermédiaire d'une  
5 couche 32. Dans une variante de réalisation (non représentée), les couches de fermeture 42 peuvent être adhésives sur l'une de leurs faces, évitant ainsi la couche 32. Les métallisations 30 relient chacun des conducteurs 23 vers la tranche 35 de l'empilement.

10 L'étape suivante (20, figure 1) consiste à interconnecter entre elles les différentes pastilles de l'empilement et à les relier, le cas échéant, à des plots, dits plots d'empilement, permettant leur connexion à des circuits extérieurs. Ces interconnexions sont réalisées sur les faces de l'empilement, par exemple comme décrit dans la demande de brevet français précitée.

15 Sur la figure 5, on a représenté à titre d'exemple les différentes connexions 30 toutes reliées entre elles à l'aide d'une métallisation 33 disposée sur la face de l'empilement et se prolongeant (34) par exemple sur l'une ou sur les deux des faces extrêmes de l'empilement. Dans ce dernier cas, l'une des faces peut être utilisée pour le test alors que l'autre est  
20 utilisée pour le montage de l'empilement sur un circuit imprimé par exemple.

Dans une autre variante de réalisation (non représentée), on peut réaliser en même temps plusieurs empilements, ceux-ci étant éventuellement séparés les uns des autres en outre par un intercalaire non adhésif. Les interconnexions des pastilles par les faces latérales de  
25 l'empilement peuvent alors être réalisées de façon collective, simultanément pour tous les empilements.

Dans une autre variante de réalisation, on peut améliorer le refroidissement des pastilles en fonctionnement par l'insertion de drains  
30 thermiques entre les boîtiers, reliés éventuellement à un radiateur.

Dans l'exemple représenté sur la figure 6, on retrouve les pastilles 21, leurs conducteurs 23 et le matériau d'enrobage 25. Les connexions 30 liant les fils 23 à l'une des faces latérales de la pastille sont dirigées de sorte à dégager l'une de ces faces, par exemple la face gauche sur la figure. Un  
35 drain thermique 38, couche métallique par exemple, en cuivre ou nitrure

d'aluminium, ou encore en diamant, est disposé entre chaque pastille 21 par l'intermédiaire d'une couche de colle 36. La face latérale gauche de l'empilement est par exemple collée, par l'intermédiaire d'une couche de colle 39, de préférence thermiquement conductrice, à un radiateur 37, lequel se trouve ainsi en contact thermique avec les drains 38. Pour la clarté du schéma, les couches de colle 36 n'ont pas été hachurées bien que vues en coupe.

La figure 7 représente, vue en coupe, une variante de réalisation de l'étape 11 de la figure 1, à savoir le câblage de conducteurs sur la rondelle.

Sur cette figure, on retrouve la rondelle 1 montée sur son film élastique 2 et portant des plots 22, sur lesquels on souhaite câbler des conducteurs 23. Selon cette variante, on munit la face supérieure de la rondelle 1 de morceaux de substrat du type circuit imprimé 39, de préférence au moins un par pastille, le circuit imprimé 39 étant fixé sur la rondelle à l'aide par exemple d'une couche de colle 40. Le circuit imprimé 39 porte au moins une métallisation 41. Selon cette variante, le conducteur 23 n'est plus coupé mais il est courbé de sorte à être connecté de plus à la métallisation 41 portée par le circuit imprimé 39. En outre, le conducteur 23 peut être connecté verticalement sur le plot 22 comme représenté sur les figures précédentes ou bien comme représenté sur la figure 7, connecté horizontalement comme sur la métallisation 41.

Toutes les opérations ultérieures du procédé selon l'invention se déroulent de la même manière, le conducteur 23 étant coupé lors du polissage du matériau d'enrobage (étape 15) de sorte à venir affleurer comme précédemment sur la face supérieure de la pastille.

Le procédé décrit ci-dessus, ainsi que les dispositifs obtenus, présentent un certain nombre d'avantages parmi lesquels le fait qu'il est possible de traiter un grand nombre de pastilles simultanément (toutes celles qui appartiennent à une même rondelle) et, ce, avec des techniques connues dans l'industrie des semi-conducteurs, facilement intégrables dans une chaîne de production de circuits semi-conducteurs, ce qui diminue considérablement le coût de la pastille encapsulée et qui permet, de par les techniques utilisées, d'obtenir des dimensions très réduites, notamment par



le matériau d'enrobage, qui peut représenter typiquement un accroissement de l'aire (de la pastille) de moins de 1%. En outre, le mode d'encapsulation est bien adapté à un empilement "trois dimensions", réalisable collectivement et simplement, avec les avantages de coût qui en découlent.

## REVENDICATIONS

1. Procédé d'encapsulation de pastilles semi-conductrices, caractérisé par le fait qu'il comporte les étapes suivantes :

- 5           - câblage de conducteurs (23) sur les plots de connexion (22) des pastilles (21), celles-ci étant contenues dans une même rondelle (1) de matériau semi-conducteur ;
- sciage de la rondelle pour individualiser les pastilles, la rondelle étant fixée sur un film élastique (2) ;
- 10          - étirement du film élastique de sorte à séparer les pastilles ;
- solidarisation et enrobage des conducteurs et pastilles à l'aide d'un matériau (25) électriquement isolant ;
- polissage du matériau d'enrobage de sorte à faire affleurer les conducteurs ;
- 15          - réalisation sur le matériau d'enrobage de connexions (30) reliant les conducteurs aux côtés des pastilles ;
- séparation des pastilles.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le  
20 matériau d'enrobage (25) est une résine polymérisable.

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'il comporte en outre, après l'étape de polissage, une étape de suppression du film élastique (2).

25

4. Pastille semi-conductrice (21) comportant des plots de connexion (22), caractérisée par le fait qu'elle comporte des conducteurs (23) connectés sur ses plots, que la pastille et ses conducteurs sont enrobés d'un matériau isolant (25), de telle sorte que les conducteurs affleurent la  
30 surface (27) du matériau isolant, et qu'elle comporte en outre sur cette dernière surface des connexions électriques (30) reliant les conducteurs aux côtés de la pastille.

5. Pastille selon la revendication 4, caractérisée par le fait que  
35 chacun des conducteurs (23) est formé par un fil ou un ruban.

6. Procédé d'interconnexion de pastilles obtenues par le procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'il comporte en outre les étapes suivantes :

5           - empilement des pastilles séparées et solidarisation de l'empilement ;

          - réalisation de l'interconnexion des connexions des pastilles sur les faces de l'empilement.

10           7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé par le fait que l'empilement des pastilles séparées est réalisé en disposant entre les pastilles une couche d'un matériau susceptible de les faire adhérer l'une à l'autre.

15           8. Dispositif comportant des pastilles selon la revendication 4, caractérisé par le fait que les pastilles (21) sont empilées et séparées par une couche (2, 32) d'un matériau assurant leur adhérence mutuelle et qu'il comporte en outre des interconnexions (33) portées par les faces de l'empilement, interconnectant les connexions (30) des pastilles.

1/5

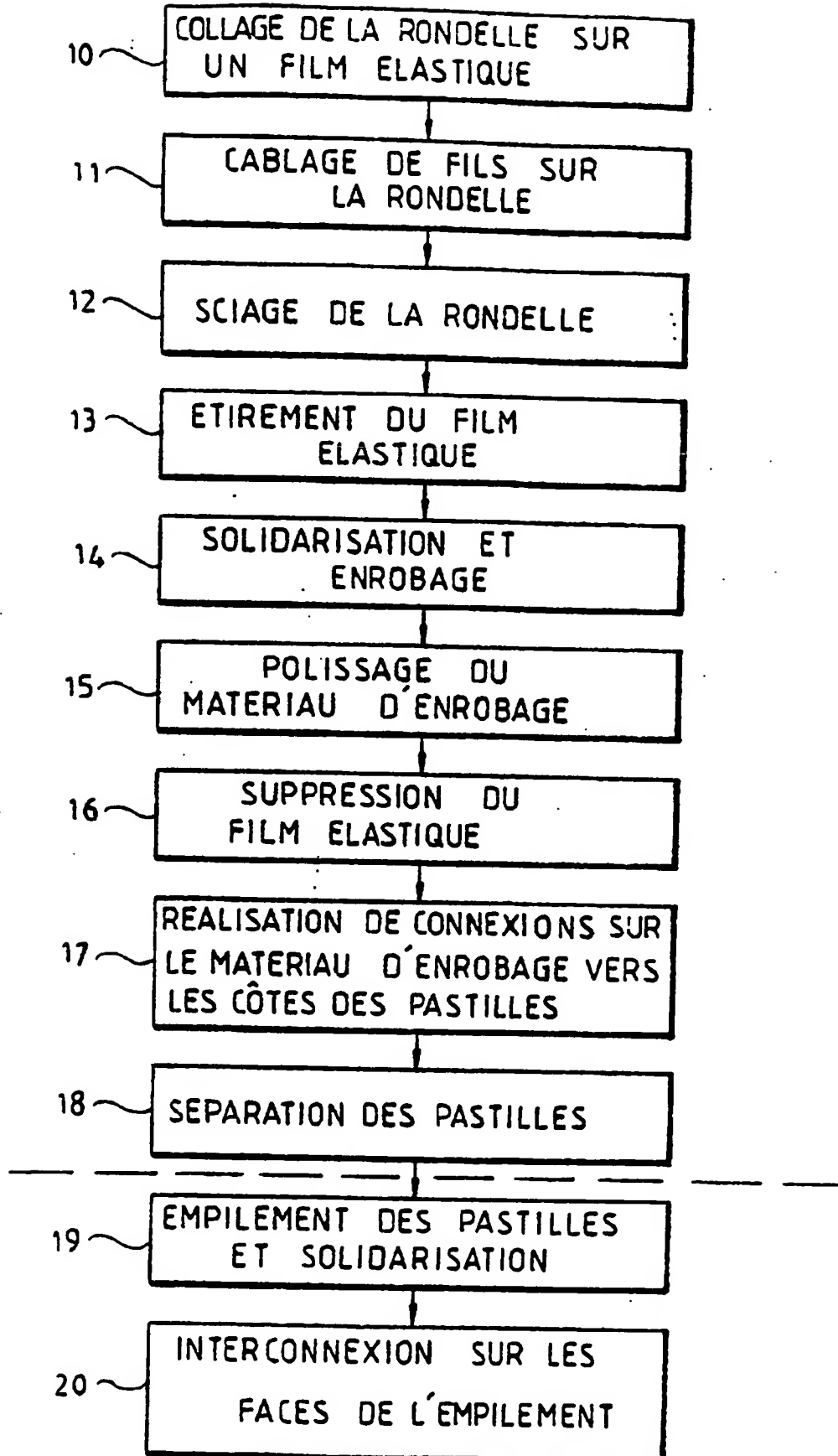


FIG 1

2/5

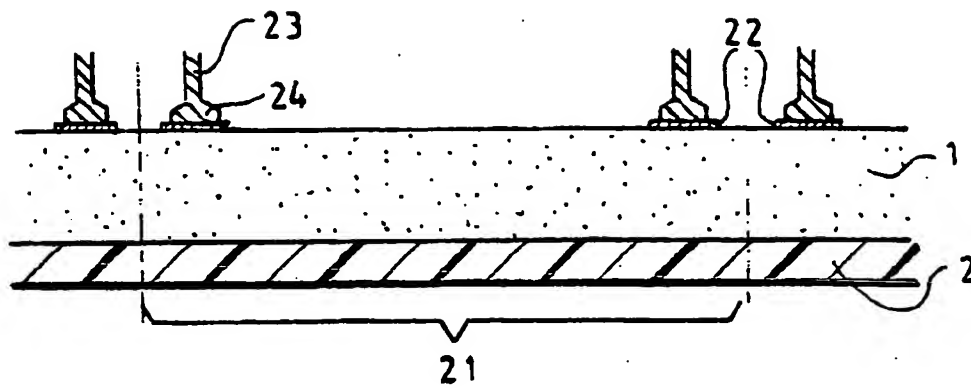


FIG. 2

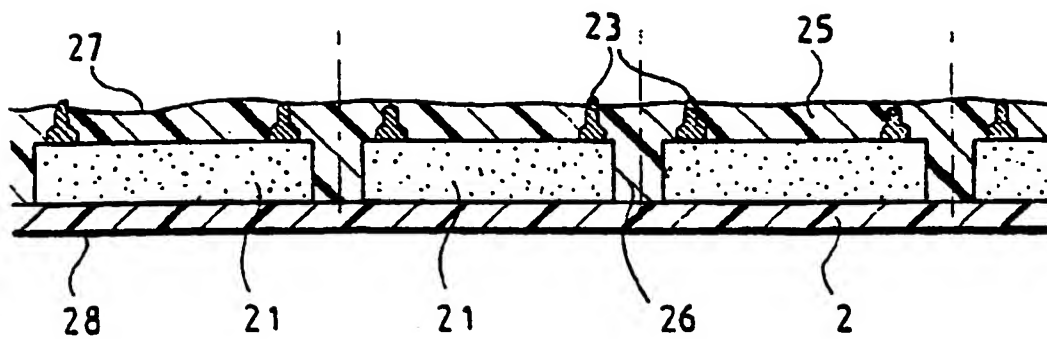


FIG. 3

3/5

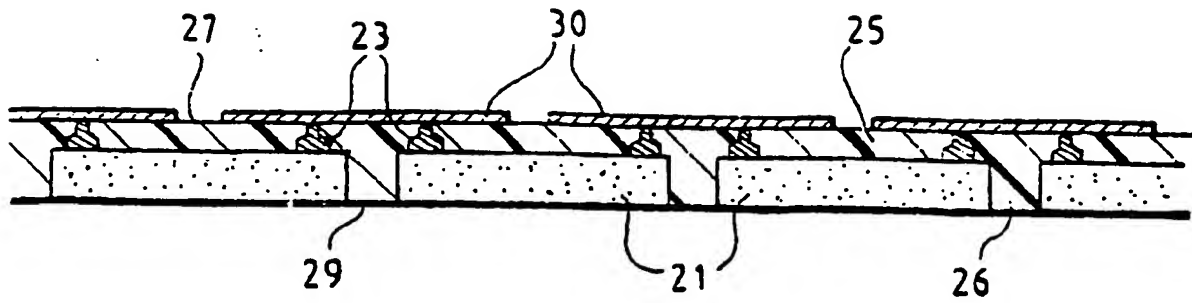


FIG. 4a

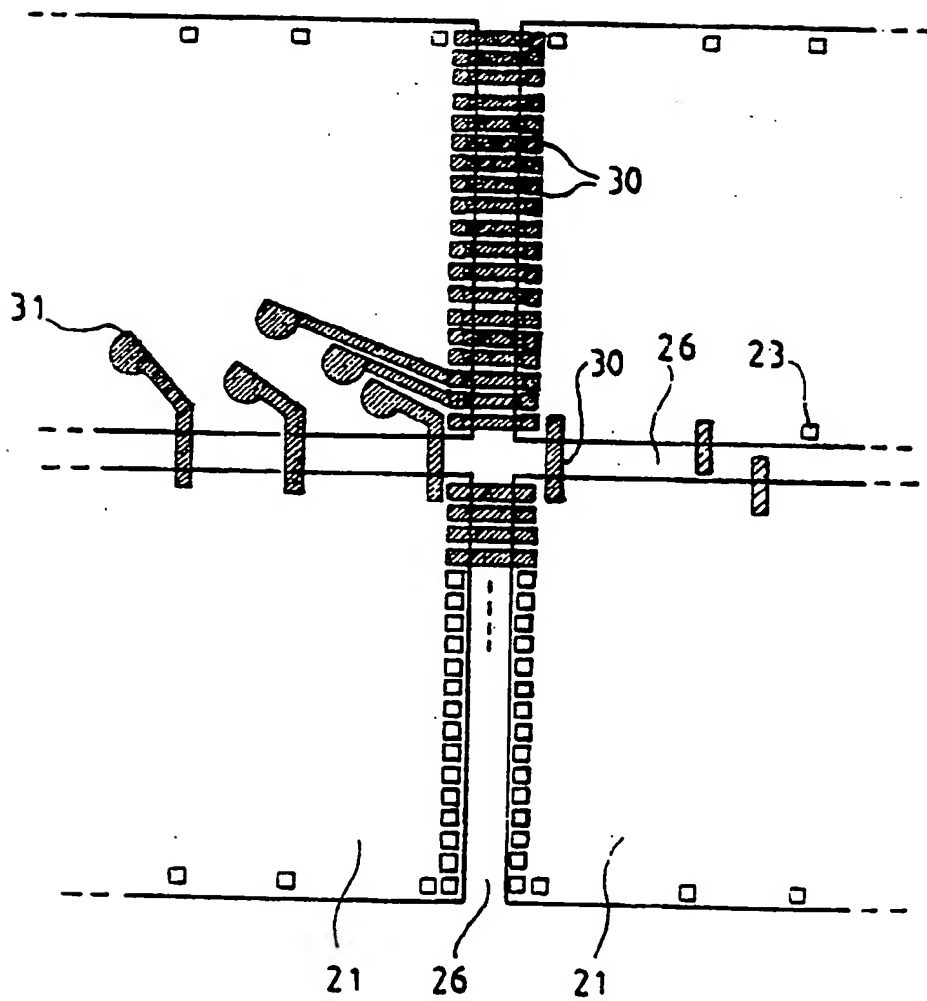


FIG. 4b

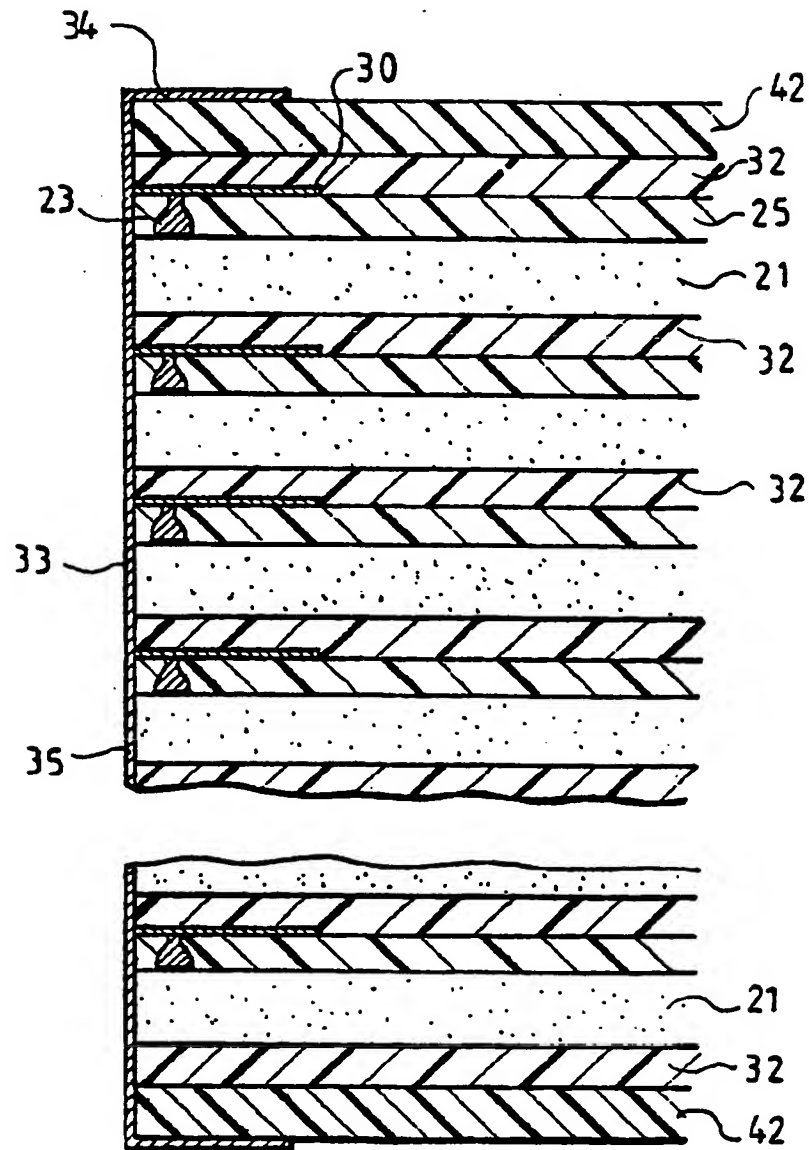


FIG. 5

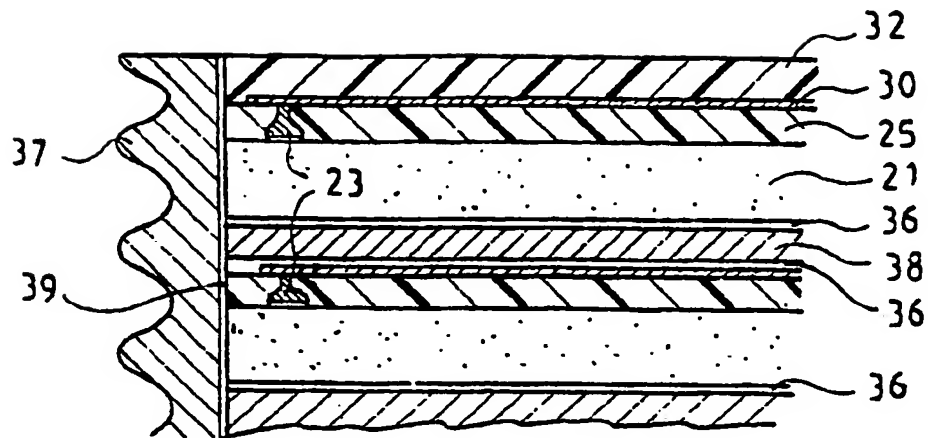


FIG. 6

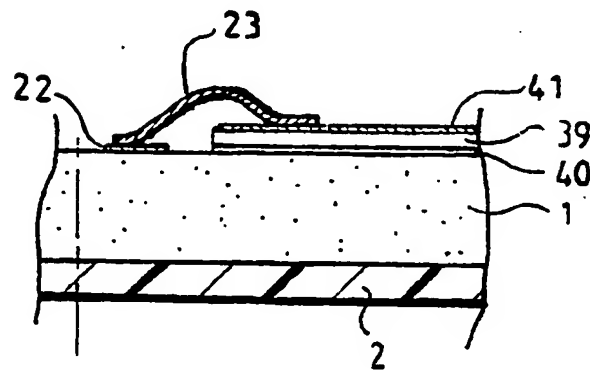


FIG. 7



INSTITUT NATIONAL

de la

PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

## RAPPORT DE RECHERCHE PRELIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

FA 485666

FR 9304962

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	FR-A-2 645 681 (THOMSON-CSF) * le document en entier *	1-8
A	11th IEEE/CHMT Intl. Electronics Manufacturing Technology Symposium, San Francisco, USA, September 16-18, 1991, p. 80-84, C. MEISSER: "Modern Bonding Processes for Large-Scale Integrated Circuits, Memory Modules and Multichip Modules in Plastic Packages" * le document en entier *	1-8
A	WO-A-90 11629 (CRAY RESEARCH, INC.) * le document en entier *	1-8
A	WO-A-91 00619 (RAYCHEM CORPORATION) * le document en entier *	1-8
A	WO-A-92 17901 (INTEGRATED SYSTEMS ASSEMBLIES CORPORATION) * le document en entier *	
A	DE-A-37 19 742 (SIEMENS) * abrégé; figures *	
A	EP-A-0 257 119 (IBM) * figures *	
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. CL5)
		H01L
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
14 Décembre 1993		Prohaska, G
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		